TEHNIČKO VELEUČILIŠTE U ZAGREBU

PROMETNI ODJEL

Domagoj Šavor

TEHNIČKA STRUKTURA I USLUGE SATELITSKOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA GALILEO

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2008.

Tehničko Veleučilište u Zagrebu

Prometni Odjel

DIPLOMSKI RAD

TEHNIČKA STRUKTURA I USLUGE SATELITSKOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA GALILEO

Mentor:

Prof. dr. sc. Ivan Markežić

Student:

Domagoj Šavor, 2405161820

Zagreb, 2008.

SADRŽAJ:

SADRŽAJ:

1. UVOD

Galileo je europski sustav satelitske navigacije posebno namijenjen za javno korištenje. Stvoren je kao zajednička inicijativa Europske Komisije i Europske Svemirske Agencije (ESA) kao nezavisni satelitski sustav koji će nuditi najmodernije usluge s izuzetnom točnošću, dostupnošću, cjelovitosti podataka i servisnim garancijama. Najprije izveden kao javno-privatno partnerstvo, način financiranja ovog sustava krajem 2007. godine pretvorio se u sustav javnog financiranja.

Galileo program ima tri faze:

1. Definicija
2. Razvoj i potvrđivanje u orbiti
3. Potpuna implementacija i operacije.

Definicija je završena u 2003. s utvrđenim osnovnim specifikacijama sustava. Potvrda sustava izvesti će se slanjem 4 satelita kao zastupnike cjelokupne konstelacije zajedno s zemaljskim stanicama i kontrolnim centrima. Ranije u ovoj fazi biti će poslani elementi za potvrđivanje u orbiti (GIOVE-A i B zajedno s pripadajućim zemaljskim segmentima). U nastavku faze potvrđivanja u orbiti Galileo će krenuti s punom implementacijom uz cjelokupnu mrežu zemaljskih stanica i preostalih 26 satelita prema završnoj konstelaciji koja se planira za 2013. godinu. U sklopu posljednje faze izvoditi će se rutinske operacije, dok se održavanje sustava planira u razdoblju od sljedećih 20 godina.

Tema ovog diplomskog rada je *„Tehnička struktura i usluge satelitskog navigacijskog sustava Galileo“.* Cilj mu je prikazati specifičnosti ovog sustava i njegove tehnološke prednosti u budućoj globalnoj satelitskoj navigaciji. Specifičnosti postoje u skoro svim segmentima tehnologije ovog sustava, od same strukture korisnog tereta satelita, raspodjele navigacijskih signala, do varijabilnosti novih usluga za buduće korisnike i kombinacijama s postojećim satelitskim navigacijskim sustavima.

Sukladno tome, diplomski rad je podijeljen na sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Struktura sustava
3. Usluge sustava
4. Galileo i ostali navigacijski sustavi
5. Zaključak
6. Popis kratica
7. Literatura

U drugom poglavlju obrađena je struktura Galileo sustava s podjelom komponenata prema područjima djelovanja, te unutarnje podjele sustava na svemirski, zemaljski i korisnički segment strukture. Naglasak je stavljen na satelitski koristan teret i navigacijske signale. Nevezano za krajnju izvedbenu strukturu sustava obrađene su teme simulacijskih i probnih elemenata, kao sustavi pripreme i uvoda u Galileo program.

U poglavlju „Usluge sustava“ navedena je podjela prema razinama usluga i raspolaganju Galileo signalima, gdje su jasno definirane kategorije usluga. U nastavku su prikazane neke od primjena koje se trenutno razrađuju u najvećoj mjeri, ujedno pružajući najveće benificije za širok spektar korisnika.

U četvrtom poglavlju opisan je Galileo sustav kao dio usluge s ostalim sustavima globalne satelitske navigacije i globalnim i regionalnim sustavima poboljšanja signala. Poseban značaj ima europski sutav poboljšanja EGNOS, kao preteća Galileo sustavu, te globalni sustav pozicioniranja GPS kao zaseban i neovisan postojeći sustav satelitske navigacije. Kao idealna usluga obrađena je kombinacija Galileo i GPS sustava, uz prikaz višestrukih beneficija za oba sustava i korisnike diljem svijeta.

Podaci korišteni za izradu ovog diplomskog rada preuzeti su s javno dostupnih tehničkih i službenih dokumenata Europske Svemirske Agencije i Europske Komisije, te ostalih izvora na internetu koji su na sličan način obrađivali ovu tematiku.

2. STRUKTURA SUSTAVA

Satelitski navigacijski sustav Galileo uključuje globalne, regionalne i lokalne komponente.

Globalne komponente su jezgra sustava, a sadrže satelitski sustav i zemaljski sustav kontrole i misije satelita. Satelitski sustav sastoji se od platforme i korisnog tereta, a ujedno stvara i navigacijske signale. Osnovni dijelovi zemaljskog segmenta su kontrolni centri, sustav senzorskih stanica te servisni centar.

Lokalne komponente se mogu koristiti u svrhu povećanja performansi Galileo sustava lokalno, u vidu poboljšanja samog signala ili korištenjem dodatne infrastrukture.

Regionalne komponente omogućavaju regijama izvan Europe korištenje Galileo usluga uz dodatnu infrastrukturu.

Pod ostalim komponentama važno je navesti korisnički segment koji sadrži uređaje za primanje i obradu Galileo signala i signala iz ostalih sustava u svrhu korištenja Galileo usluga.

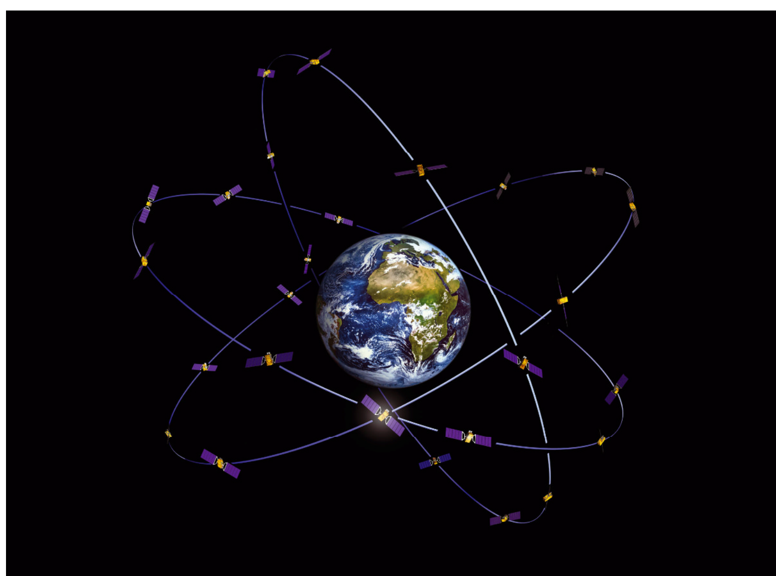
Simulacijski sustavi, te platforme za ispitivanje sa pripadajućim zemaljskim segmentima važan su faktor u Galileo infrastrukturi, bez kojih krajnja verzija sustava ne bi bila toliko napredna.

2.1. Globalne komponente

Globalne komponente sadrže svemirski segment i pripadajući zemaljski segment, a predstavljaju nužnu infrastrukturu za omogućavanje Galileo izvedbe.

2.1.1. Sateliti

Galileo svemirski segment će se sastojati od konstelacije od ukupno 30 satelita u srednjoj zemljinoj orbiti (*Medium Earth Orbit – MEO*), od kojih su 3 satelita rezervna. Takva konstelacija se naziva Walker-ovom 27/3/1 konstelacijom.



Slika 1. Walker konstelacija Galileo satelita

Sateliti sadrže platformu, koristan teret za navigaciju i koristan teret za usluge traganja i spašavanja (*Search & Rescue – SAR*). Svaki satelit će odašiljati precizne vremenske signale zajedno sa podacima za sinkronizaciju satova, astronomskim kalendarom i ostalim podacima.

Galileo konstelacija je optimizirana na sljedeće specifikacije:

- Visina satelita od 23222 km
- Nagib orbite od 56° u odnosu na ekvator
- Tri ravnomjerno rasprostranjene orbitne ravnine
- 9 radnih satelita ravnomjerno rasprostranjenih u svakoj ravnini
- 1 rezervni satelit (radni) u svakoj orbitnoj ravnini.

Galileo sateliti su sateliti srednje veličine, dimenzija (d x š x v) 2.7 x 1.2 x 1.1 m, težine 680 kg i snage od 1.6 kW. Razmak krila sa solarnim ćelijama je 13 metara. Geometrija satelita je prilagođena za lansiranje više satelita odjednom (do 8) sa *Ariane* ili slične letjelice (*Proton*, *Soyuz*, *Zenit*).



Slika 2. Lansiranje Galileo GIOVE-A satelita Soyuz letjelicom

Lansiranja manjeg broja satelita su namijenjena za zamjenu zakazalih satelita i za početnu fazu testiranja Galileo sustava. Tijelo satelita rotira oko svoje osi s Zemljom i tako dopušta svojim solarnim pločama rotiranje i pokazivanje izravno prema Suncu.

2.1.2. Koristan teret

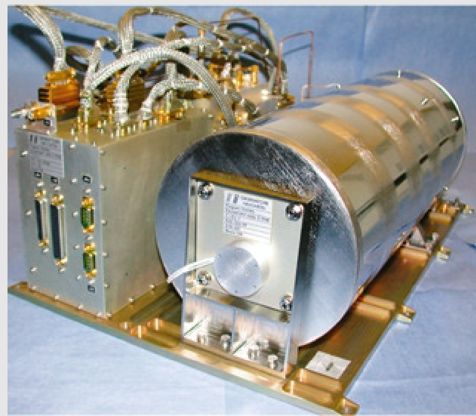
Koristan teret sastoji se od sekcije mjerenja vremena, sekcije za generiranje signala i sekcije za slanje signala. U koristan teret ubrajaju se i antene za SAR usluge.

Sekcija za mjerenje vremena sadrži dvije vrste satova, manji rubidijev atomski sat i glavni, vodikov MASER sat (*Mikrovalna Amplifikacija kroz Stimuliranu Emisiju Radijacije*).

Jedan satelit istodobno nosi dva sata od svake vrste, ali samo jedan od svake vrste može raditi u bilo kojem trenutku.

Rubidijev atomski frekvencijski standard (*RAFS*) sat poznat je iz komercijalne upotrebe u komunikacijskim mrežama.

Pasivni vodikov MASER sat (*Passive Hydrogen* MASER - *PHM*) je novorazvijena tehnologija za precizno mjerenje vremena koja pokazuje veliku pouzdanost i stabilnost frekvencije zbog čega je upravo *PHM* izabran kao glavni (*Master*) sat u Galileo navigacijskom korisnom teretu.

Galileo satovi:	**RAFS**	**PHM (Master)**
		
Težina:	1.4 kg	15 kg
Obujam:	1.3 l	25 l
Potrošnja snage:	20 W	60 W
Točnost:	10 ns / 24h	1 ns / 24 h
Korekcija:	svakih 2 h	nakon više od 8 h
Oscilacijska frekvencija:	6.2 GHz	1.4 GHz

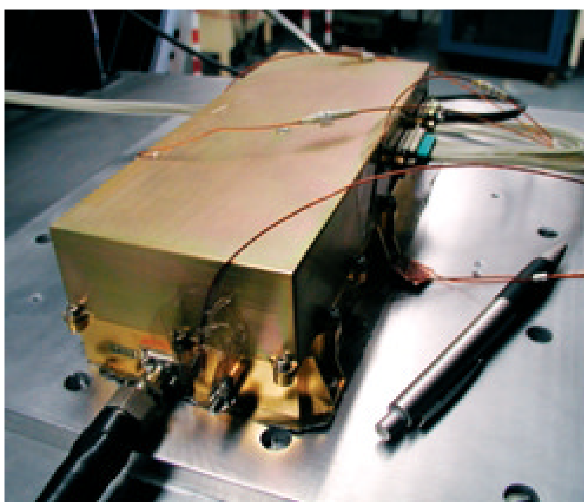
Tablica 1. Usporedba RAFS i PHM satova

U normalnim uvjetima, radni MASER sat proizvodi referentnu frekvenciju iz koje se generira navigacijski signal. Ako ovaj sat zakaže, radni rubidijski sat bi istovremeno preuzeo i preostala dva rezervna sata bi proradila. Sa četiri sata generiranje signala je garantirano u bilo koje vrijeme.

Sekcija za generiranje signala je odgovorna za navigacijske signale. Signali se sastoje od skupine kôdova udaljenosti koji se prvo kombiniraju sa relevantnim navigacijskim porukama, a nakon toga pretvaraju i poboljšavaju prije slanja u sekciju za odašiljanje. Navigacijski signali sadrže informaciju o položaju satelita u orbiti (astronomski kalendar) i referentne podatke o vremenu.

Dvije razvojne strategije su pomogle pri provođenju dizajniranja Galileo signala: jedinica za generiranje navigacijskog signala (*Navigation Signal Generation Unit – NSGU*) i jedinica za generiranje frekvencije i pretvaranje signala (*Frequency Generation and Up-Conversion Unit*). Te jedinice generiraju navigacijske signale koristeći unose iz jedinice za praćenje satova, podatke poslane uzlaznom vezom i podatke o cjelovitosti s C-pojasne antene. Navigacijski signali se tada pretvaraju u L-pojas za odašiljanje korisnicima.

Sekcija za odašiljanje signala pojačava nosače četiri navigacijska signala u dva frekvencijska pojasa do 50 W po svakom signalu, pomoću poluvodičkih pojačala snage (*Solid State Power Amplifier – SSPA*).

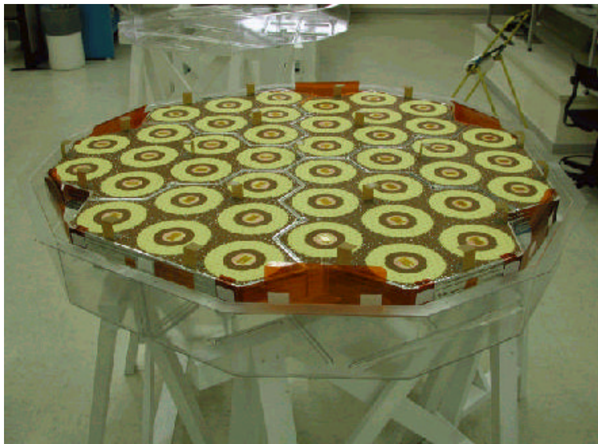


Slika 3. Galileo pojačalo snage

Poluvodička pojačala snage se preferiraju radi njihove robusnije izrade.

- Dimenzije: 107 x 239 x 62 mm
- Masa: 1300 g
- Izlazna snaga: 50 W (po signalu)
- Potrošnja energije: 125 W

Signali se dalje kombiniraju u izlazni multipleksor i dovode do antene za odašiljanje.



Galileo navigacijska antena je dizajnirana da zrači navigacijski signal prema tlu i da omogući pokrivanje cijele vidljive površine Zemlje.

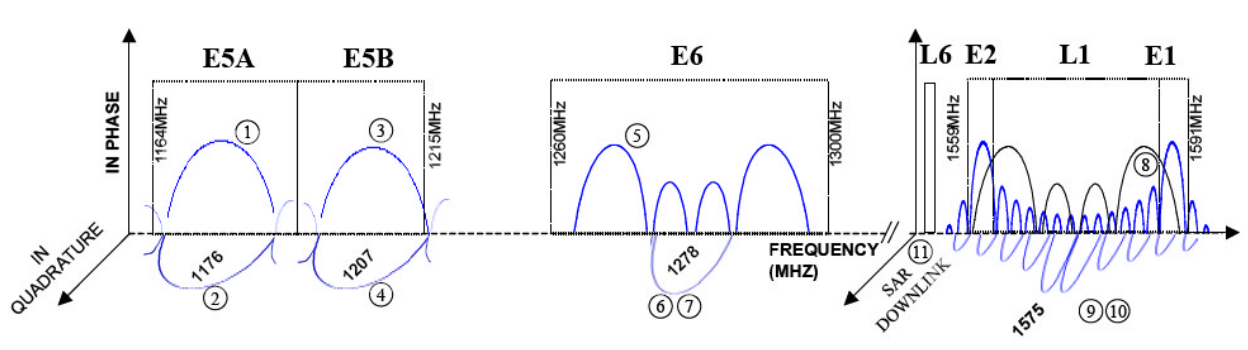
- Dimenzije: 1.4 x 1.6 x 0.2 m
- Masa: 8-10 kg
- Dobitak antene: 15 dB.

Slika 4. Galileo navigacijska antena

Za SAR korisni teret posvećena je posebna pažnja na antensku jedinicu, koja kombinira odašiljanje i primanje dvaju različitih frekvencijskih pojaseva, od kojih je jedan jako blizu navigacijskom pojasu.

2.1.3. Navigacijski signali

Galileo će omogućiti 10 navigacijskih signala i 1 SAR signal. Prema dogovoru s Međunarodnom telekomunikacijskom Udrugom (*International Telecommunication Union* – *ITU*) i prema njihovim propisima, Galileo navigacijski signali emitirati će se u dodijeljenim *RNSS* (*Radio Navigation Satellite Service*) pojasevima, dok će SAR signal - biti emitiran u jednom od frekvencijskih pojaseva rezerviranih za hitne službe (1544 – 1545 MHz – L6 pojas).



Grafikon 1. Galileo navigacijski signali

Četiri navigacijska signala će se emitirati u frekvencijskom pojasu od 1164 – 1215 MHz (E5A – E5B) :

- Jedan par signala sa središtem na 1176.45 MHz, u frekvencijskom rasponu od 1164 – 1188 MHz (E5A):
    - 1 signal koji nosi navigacijsku poruku s manjom količinom podataka, 25 bps (bita po sekundi) – ①
    - 1 signal bez podataka, takozvani *pilot* signal, pomaknut za 90º u odnosu na prethodni signal – ②
- Drugi par signala sa središtem na 1207.14 MHz, u frekvencijskom rasponu od 1188 – 1215 MHz (E5B)
    - 1 signal koji nosi navigacijsku poruku od 125 bps koji također podržava poruke o cjelovitosti[1] i SAR podatke – ③
    - 1 *pilot* signal pomaknut za 90º u odnosu na prethodni signal –– ④

Signali u E5A i E5B su usklađeno generirani i tako daju mogućnost da se obrađuju zajedno radi povećanja točnosti i smanjivanja ometanja od drugih navigacijskih sustava.

Tri navigacijska signala će se emitirati u frekvencijskom pojasu od 1260 – 1300 MHz, sa središtem na 1278.75 MHz.

- 1 signal podijeljenog spektra s kriptografskom zaštitom odobrenom od strane državne vlasti, namijenjen za vladine aplikacije. Ovaj signal zahtjeva kontinuitet u pružanju usluge čak i u kriznim situacijama – ⑤
- Jedan par signala zaštićen komercijalnom kriptografskom zaštitom koji pružaju visoku razinu rješavanja nejasnoća pokazivanja kod različitih aplikacija, među kojima su:
    - 1 signal koji nosi navigacijsku poruku od 500 bps s dodanim vrijednostima za komercijalnu primjenu – ⑥
    - 1 *pilot* signal u istoj fazi kao i prethodni signal – ⑦

---

[1] Cjelovitost je sposobnost sustava da na vrijeme daje upozorenja korisniku u slučaju kada nije u mogućnosti ispuniti zahtjevane uvjete točnosti.

Tri navigacijska signala će se emitirati u frekvencijskom pojasu od 1559 – 1591 MHz (E2 – L1 – E1) sa središtem na 1575.42 MHz.

- 1 fleksibilni signal podijeljenog spektra s kriptografskom zaštitom odobrenom od strane državne vlasti, namijenjen za vladine aplikacije. Ovaj signal zahtjeva kontinuitet u pružanju usluge čak i u kriznim situacijama, a sadrži dva različita valna oblika – ⑧
- Jedan par signala u frekvencijskom pojasu već korištenom kod GPS-a:
  - 1 signal koji nosi navigacijsku poruku od 125 bps koji podržava poruke o cjelovitosti i SAR poruke – ⑨
  - 1 *pilot* signal u istoj fazi kao i prethodni signal – ⑩

Svaki navigacijski signal sastoji se od kôdova udaljenosti i pripadajućih podataka. Kôd udaljenosti je slijed od -1 i +1 sa specifičnim karakteristikama u vremenu, tj. dužini kôda i frekvenciji. Postoji jedan jedinstven slijed za svaki signal koji dolazi iz svakog satelita zasebno. Kôdovi udaljenosti su ili javno poznati, u tom slučaju je kôd objavljen ili poznati samo ovlaštenim korisnicima, kada je kôd pod kriptografskom zaštitom. Postoje tri tipa kôdova udaljenosti:

- Kôd s otvorenim pristupom – poznat javnosti, bez kriptografske zaštite
- Kôd s komercijalnom kriptografskom zaštitom
- Kôd s vladinom kriptografskom zaštitom.

Isto tako, postoji pet tipova podataka kod Galileo navigacijskog signala:

- Osnovni navigacijski podaci
- Podaci o cjelovitosti
- Komercijalni podaci
- Podaci o javno reguliranim uslugama (*Public Regulated System – PRS*)
- SAR podaci.

Navigacijski podaci prema načinu pristupa mogu biti:

- Podaci otvorenog pristupa - navigacijski podaci, podaci o cjelovitosti, SAR podaci
- Zaštićeni podaci - komercijalni podaci s komercijalnom kriptografskom zaštitom, PRS podaci s vladinom kriptografskom zaštitom.

2.1.4. Zemaljski segment

Središte zemaljskog segmenta Galileo sustava su dva Galileo kontrolna centra u Europi. Svaki od kontrolnih centara će imati funkciju kontrole satelita i funkciju kontrole misije.

Kontrola satelita uključuje održavanje, nadgledanje i kontrolu konstelacije satelita koristeći objekte zemaljske kontrole ugrađene u kontrolnim centrima koja se podržava preko svjetske mreže TT&C (*Tracking, Telemetry and Command*) stanica za praćenje, telemetriju i upravljanje u S-frekvencijskom pojasu.

Kontrola misije će globalno kontrolirati temeljne funkcije navigacijske misije kao što su određivanje položaja orbite i usklađivanje satova, i određivati i prosljeđivati podatke o cjelovitosti preko satelitskog sustava u srednjoj Zemljinoj orbiti (*MEO*).

Misijski segment će koristiti globalnu mrežu od nominalno 30 Galileo senzorskih stanica (*GSS*) L-frekvencijskog pojasa za nadgledanje navigacijskih signala i svih satelita. Primarni element senzorskih stanica je referentni prijemnik.

GSS preko prijemnika skupljaju navigacijske podatke, kao i meteorološke i ostale informacije iz okoline. Ti podaci se prenose do Galileo kontrolnih centara neprekidno kroz sveobuhvatnu komunikacijsku mrežu pomoću satelita i kopnenih veza.

Jedinice za obradu u kontrolnim centrima obrađuju podatke i proizvode navigacijske poruke i poruke o cjelovitosti signala i šalju ih uzlaznom vezom do satelita preko mreže uzlaznih stanica (*Up-Link Station – ULS*) na C-frekvencijskom pojasu.

Navigacijski signali se dalje generiraju na Galileo satelitima i odašilju korisnicima u L-pojasu.

Servisni centar u vidu tehničke službe je također važan dio zemaljskog segmenta. Njegov cilj bit će pružanje sučelja korisnicima i pružaocima dodatnih usluga za programska i komercijalna pitanja.

2.2. Lokalne i regionalne komponente

Lokalne komponente

Galileo lokalne komponente i pripadajući im lokalni elementi dio su definicije Galileo sustava i stoga Galileo program uključuje dizajniranje i razvoj nekih ekperimentalnih lokalnih elemenata na osnovu specifične funkcionalnosti potrebne za upotpunjavanje određenih zahtjeva Galileo usluga.

Lokalni elementi daju diferencijalne korekcije, dopunske navigacijske signale ili usluge širenja podataka putem lokalnog prijenosa koristeći opremu sa specijalnom namjenom ili postojeće navigacijske i komunikacijske sustave.

Galileo lokalni elementi će tamo gdje je to potrebno pružiti bolju izvedbu sustava i mogućnost kombiniranja Galilea s drugim GNSS (*Globalni Navigacijski Satelitski Sustav*) i zemaljskim sustavima pozicioniranja i komunikacije na lokalnoj bazi (*D-GNSS*, *LORAN-C* i *UMTS*) prema velikom broju korisnika. Diferencijalne korekcije vrše se preko diferencijalnih referentnih stanica s Galileo fiksnim prijemnikom koji mjeri pseudorazmak do Galileo satelita.

Ovisno o potrebnoj razini navigacijske izvedbe i okolnim uvjetima moguće je koristiti i pseudolite. Pseudoliti su odašiljački sustavi koji se ponašaju kao navigacijski sateliti na zemlji i mogu dati poboljšanja u dostupnosti i kontinuitetu signala. Štoviše, pseudoliti mogu poboljšati vertikalnu točnost zbog njihove bolje lokalne geometrije.

Područje primjene lokalnih usluga može biti u rasponu od desetak metara unutar zgrada, do tisuća kilometara pokrivenih diferencijalnim GNSS-om (*D-GNSS*).

Poboljšani podaci o cjelovitosti se mogu dobiti preko uporabe sustava lokalnog nadgledanja cjelovitosti ili LIM-ova (*Local Integrity Monitors*). LIM-ovi mogu osigurati da diferencijalne referentne stanice ne šalju nikakve štetne ili varljive informacije.

Neke od komplementarnih tehnologija koje su isto tako uključene u razmatranje navedene su u poglavlju 4.

Nadalje, kao razvojni dio Galileo lokalnih komponenti, nekoliko ciljanih aplikacija su proučene i razrađena je njihova detaljna arhitektura. Aplikacije se odnose na promet, osobnu navigaciju i ostale usluge pozicioniranja detaljno opisane u poglavlju 3.

<u>Regionalne komponente</u>

Galileo regionalne komponente primjenjuju se i rukovode od strane organizacija, država ili skupina država izvan Europe u svrhu zadržavanja cjelovitosti usluga neovisnih o Galileo sustavu.

Regionalne komponente mogu sadržavati po nekoliko eksternih sustava za regionalnu cjelovitost (*External Region Integrity Systems – ERIS*).

Druga mogućnost za regionalne pružaoce usluga biti će postavljanje svoje mreže senzorskih stanica koje bi izračunavale cjelovitost Galileo signala preko njihove regije.

Ti podaci mogu biti dostupni korisnicima preko ovlaštenih kanala uzlazne veze za cjelovitost u Galileo satelitima. Alternativno ovi podaci mogu biti poslani Galileo kontrolnim centrima za integraciju s podacima o cjelovitosti koji se tamo računaju.



Slika 5. Primjena lokalnih elemenata pri preciznom prilazu zrakoplova

2.3. Ostale komponente

Korisnički segment

Korisnički segment su različiti tipovi prijemnika za krajnje korisnike, s različitim sposobnostima korištenja Galileo signala kako bi ispunili različite uvjete za pojedine Galileo usluge.

Za potpunu korist svih Galileo usluga, bile one globalne, lokalne ili kombinirane, korisnici moraju biti opremljeni s odgovarajućim multi-funkcionalnim terminalima. Funkcije terminala su:

- direktno primanje Galileo navigacijskog signala (Galileo prijemnik);
- pristup uslugama koje pružaju lokalne i regionalne komponente interoperabilnost s ostalim sustavima.

Galileo prijemnik obrađuje signale poslane od satelita da izračuna svoju poziciju. Prijemnici izdvajaju mjerenja pokazujući udaljenost od korisnika do svakog od satelita. Oni također dekodiraju Galileo navigacijske podatke, koji sadrže temeljne dijelove informacije za izračunavanje položaja korisnika, kao što su pozicija satelita i greške satelitskih satova utvrđene od strane zemaljskog segmenta i redovito slane uzlaznom vezom do konstelacije.

Simulacijski modeli

Galileo postrojenje za simulaciju - GSSF (*Galileo System Simulation Facility*) je cjelokupno postrojenje za simulaciju Galileo sustava. Ono daje visoko kvalitetne modele svemirskih, korisničkih i zemaljskih segmenata, te efekata okoline na navigacijske performanse. Modeli se mogu pokretati u realnom vremenu i omogućuju analizu cjelovitosti i navigacijske točnosti za Galileo, GPS i Galileo/GPS prijemnike.

Galileo postrojenje za potvrđivanje signala – GSVF (*Galileo Signal Validation Facility*) omogućuje generiranje Galileo signala jednakog primljenom na izlazu iz korisničke antene. Ovaj signal uključuje do 16 satelitskih izvora i uzima u obzir efekt širenja (propagacije) između satelita i korisnika.

Za razliku od GSSF gdje je korisnički prijemnik izrađen softverski, GSVF mu dopušta umetanje izravno u simulaciju zamjenom prijemne antene s GSVF izlazom. Prijemnik "vjeruje„ da dobiva prave satelitske signale i ponaša se kao da je ugrađen na automobil, brod ili zrakoplov. GSVF sadrži visoko sofisticirane modele koji dopuštaju realistične simulacije u visokoj kakvoći. Koristi se kao referentni alat za testiranje Galileo prijemnika.

Galileo platforma za ispitivanje - *GSTB*

Usporedno s razvojem Galileo satelitske tehnologije razvijena je platforma za cjelokupno ispitivanje sustava da uputi na ključne tehnologije zemaljskog segmenta. Uz nju izgrađeni su eksperimentalni sateliti za lansiranje prije satelita finalne konstelacije.

Prva faza platforme za ispitivanje – GSTB-V1 (*Galileo System Test Bed*) je probni Galileo zemaljski segment koji potvrđuje Galileo koncepte za određivanje orbite, vremensko usklađivanje i algoritme za pokazivanje cjelovitosti.

U nedostatku pravih Galileo satelita GSTB-V1 koristi GPS satelite gdje globalna mreža GPS referentnih stanica mijenja globalnu mrežu Galileo stanica. GPS mjerenja koja su skupljena tijekom testiranja su potvrdila da su strogi zahtjevi za izvedbom Galilea ostvarivi. Greške pri određivanju orbite i vremenskog usklađivanja ispod razine od 50 cm su ostvarene bez velikih poteškoća. GSTB-V1 je operativna od početka 2004. godine.

Druga faza, GSTB-V2, sastoji se od izrade i lansiranja eksperimentalnih satelita pred lansiranje prvog bloka Galileo satelita. Ovi sateliti, prvi lansiran krajem 2005. godine u Galileo orbitu visine 23222 km, drugi u travnju 2008. ispuniti će potrebe Međunarodne telekomunikacijske Udruge prema korištenju frekvencija rezerviranih za Galileo.

U ovoj fazi biti će okarakterizirana Galileo orbita i satelitske tehnologije poput satelitskih satova biti će potvrđene, dajući važne povratne informacije za izradu radnih satelita. Prema kritičnosti misije razvila su se dva eksperimentalna satelita, GIOVE-A i GIOVE-B (*Galileo In Orbit Validation Element* – Galileo provjera elemenata u orbiti).

GIOVE-A i B su građeni istodobno da bi omogućili redundanciju u orbiti. Njihove mogućnosti se nadopunjuju. Manji satelit nosi rubidijev sat i može odjednom odašiljati signal kroz dva odvojena kanala. Veći satelit dodaje pasivni vodikov MASER sat i odašiljati će signal kroz tri odvojena signala.

Lansiranje oba satelita obavljeno je uspješno putem Soyuz letjelice s Baikonur kozmodroma u Kazahstanu.

GSTB-V2:	**GIOVE-A (GSTB-V2A)**	**GIOVE-B (GSTB-V2B)**
Proizvođač:	Surrey Satellite Technology Limited	Galileo Industries
Dimenzije (d x š x v):	1.3 x 1.8 x 1.65 m	0.95 x 0.95 x 2.4 m
Dužina solarnih krila:	4.54 m - dva krila	4.34 m – dva krila
Težina:	600 kg	530 kg
Potrošnja snage:	700 W	1100 W
Potisni sustav:	Plin Butan – 2 spremnika po 25 kg	Hidrazin (raketno gorivo) – 2 spremnika po 28 kg
Broj kanala za emitiranje:	2 - s odvojenim frekvencijama	3 - s odvojenim frekvencijama
Broj generiranih signala:	2 Galileo signala	Sve vrste Galileo signala
Satovi:	2 RAFS	2 RAFS + 1 PHM
Vijek trajanja:	2 godine	2 godine

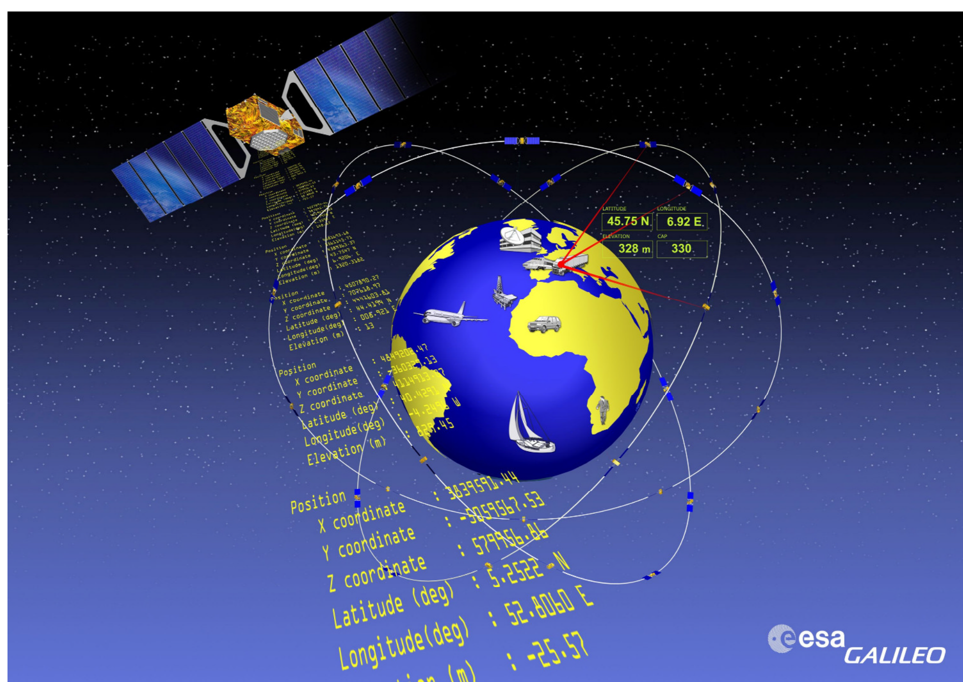
Tablica 2. Usporedba GIOVE-A i GIOVE-B

3. USLUGE SUSTAVA

Galileo sadrži pet servisnih kategorija po pitanju točnosti, garancija usluge, cjelovitosti i drugih parametara. To su otvoreni servis, komercijalni servis, servis očuvanja života, javno reguliran servis i servis traganja i spašavanja.

Većina potreba će biti pokriveno samim satelitskim signalom, često u kombinaciji sa pomoćnim senzorima, dok se poboljšani zahtjevi za pojedine usluge mogu zadovoljiti vrlo efektivno korištenjem lokalnih komponenti.

Široka primjena Galileo usluga biti će vidljiva na mnogim područjima ljudskog djelovanja kao što su promet, energija, financije, poljoprivreda, znanost i osobna navigacija.



Slika 6. Primjena Galileo sustava

3.1. Grupe usluga

Brojne potrebe za uslugama i njihovim razinama izvedbe i sigurnosnim aspektima su svedene na pet određenih grupa usluga.

3.1.1. Otvoreni servis

Galileo otvoreni servis (*Open Service – OS*) definiran je za sve primjene vezane uz široko tržište, kao npr. navigacija u automobilima i korištenje s mobilnim telefonima. OS daje signale za mjerenje vremena i pozicioniranje bez izravne naplate i biti će dostupan bilo kojem korisniku opremljenom s prijemnikom.

Iako OS nudi do tri odvojene signalne frekvencije (E5A, E5B i L1- samo za mjerenje vremena) koristiti će se za aplikacije koje zahtijevaju smanjenu točnost. U većini slučajeva primjena OS-a će biti kombinacija Galileo i GPS signala, što će povećati performanse u urbanim i ostalim zagušenim područjima.

OS ne nudi podatke o cjelovitosti, tako da će određivanje kvalitete signala ostati u potpunosti na korisnicima. Isto tako, neće biti servisnih garancija ili odgovornosti od strane Galileo operativne kompanije (*Galileo Operating Company – GOC*).

	Otvoreni servis:	
Nosioci	Jedna frekvencija	Dvije frekvencije
Pokrivenost	Globalna	
Točnost pozicioniranja	Horizontalna: 15 m Vertikalna: 35 m	Horizontalna: 4m Vertikalna: 8 m
Točnost mjerenja vremena (tri frekvencije)	30 ns	
Dostupnost	99.8 %	

Tablica 3. Otvoreni servis – karakteristike

3.1.2. Komercijalni servis

Komercijalni servis (*Commercial Service – CS*) cilja na profesionalne tržišne aplikacije koje zahtijevaju bolje performanse od onih ponuđenih od OS-a. CS nudi dodanu vrijednost na usluge uz plaćanja naknade.

CS se temelji na dodavanju još dva signala na OS signale. Taj novi par signala (E6) je zaštićen komercijalnom kriptografskom zaštitom koju vode davatelji usluga i GOC. Pristup je kontroliran na razini prijemnika, koristeći ključeve za šifriranje za zaštitu ulaza.

Predviđene namjene CS-a uključuju odašiljanje podataka pri brzini od 500 bps i rješavanje nejasnoća u različitim aplikacijama. One će biti izrađene od davatelja usluga koji će otkupiti prava za korištenje dva komercijalna signala od GOC-a.

Tipične usluge s dodanom vrijednosti uključuju servisne garancije, precizne usluge mjerenja vremena, pribavljanje modela za prikaz kašnjenja u ionosferi, lokalne diferencijalne korekcijske signale za ekstremno precizno određivanje pozicije i ostale usluge koje se zasnivaju na odašiljanju podataka od sustava.

Davatelji usluga komercijalnog servisa će odlučivati o ponuđenim uslugama kao što su podaci o cjelovitosti, diferencijalne korekcije za lokalna područja itd., što će na kraju ovisiti o završnim karakteristikama ostalih usluga koje Galileo nudi.

	Komercijalni servis:	
Pokrivenost	Globalna	Lokalna
Točnost pozicioniranja	< 1m (dvije frekvencije)	< 10 cm (lokalno pojačani signali)
Cjelovitost	Kao dodana vrijednost	
Dostupnost	99.8 %	

Tablica 4. Komercijalni servis – karakteristike

3.1.3. Servis očuvanja života

Servis očuvanja života ili *Safety of Life* servis (*SoL*) će naći primjenu za sve transportne aplikacije u kojima ljudski životi mogu biti ugroženi u slučaju da je izvedba navigacijskog sustava izostala bez upozorenja u realnom vremenu.

SoL servis će pružiti istu točnost u pozicioniranju i mjerenju vremena kao i OS. Glavna razlika je u visokoj razini informacija o cjelovitosti za sigurnosno kritične aplikacije kao što su morski promet, željeznica ili zračni promet, gdje je garancija točnosti obavezna. Ova usluga će posebno povećati sigurnost na mjestima gdje nema usluga od strane tradicionalne zemaljske infrastrukture. Isto tako, povećati će učinkovitost tvrtki koje rade na globalnoj razini kao npr. zračni prijevoznici i pomorske kompanije.

SoL usluga će biti ponuđena otvoreno i sustav će imati dodatnu sposobnost za autentifikacijom signala kojom bi uvjerio korisnike da je dobiveni signal uistinu Galileo signal. Ovo svojstvo sustava koje će po potrebi biti aktivirano od strane korisnika mora biti neprimjetna i nediskriminirajuća korisnicima i ne smije predstavljati nikakva smanjenja u izvedbi sustava. Autentifikacijom signala će se riješiti problem u slučaju zlonamjernog ometanja, takozvanog „*spoofing*“ problema.

Europsko regionalno poboljšanje GPS sustava EGNOS biti će optimalno integriran u SoL servis, kako bi imao nezavisne i komplementarne informacije o cjelovitosti bez modova kvara na GPS i GLONASS konstelacijama.

SoL usluga će biti ovjerena i njene performanse će se ostvariti korištenjem ovlaštenih dvo-frekventnih prijemnika. Pod takvim uvjetima, buduća Galileo operativna kompanija će garantirati izvedbu SoL usluge.

SoL usluga biti će dostupna globalno prema performansama u tablici 5. Te specifikacije uključuju dvije razine koje pokrivaju dva uvjeta izloženosti riziku i primjenjive su u transportnoj domeni; kritična razina pokriva vremenski kritične operacije (npr. prilaz zrakoplova), dok ne-kritična razina pokriva proširene operacije koje nisu toliko zavisne od vremena (npr. navigacija na otvorenom moru).

Da bi imao koristi SoL servis primjenjuje frekvencijske pojaseve rezervirane za aeronautičke radio-navigacijske servise (L1 i E5).

	Servis očuvanja života:	
Nosioci	Tri frekvencije	
Pokrivenost	Globalna	
	Kritična razina	Ne-kritična razina
Točnost pozicioniranja	Horizontalna: 4m Vertikalna: 8 m	Horizontalna: 220 m
Cjelovitost	Da	
Granica alarma	Horizontalna: 12 m Vertikalna: 20 m	Horizontalna: 556 m
Vrijeme do alarma	6 sekundi	10 sekundi
Dostupnost cjelovitosti	99.5 %	
Dostupnost točnosti	99.8 %	

Tablica 5. Servis očuvanja života – karakteristike

Ključni faktor Galileo sustava je mogućnost da nudi potvrde o cjelovitosti u svrhu servisnih garancija i podršku SoL servisu i aplikacijama. Cjelovitost se odašilje korisnicima preko upozorenja o cjelovitosti koja će pokazivati da li su Galileo signali izvan specifikacija. Korisnički prijemnik može tada odbiti signale satelita na koje se upozorenje odnosi koristeći izlaze procesiranog signala prijemnika u paru s ostalim tehnikama prijema kao što je RAIM (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring* – autonomno nadgledanje cjelovitosti u prijemniku) i tako smanjiti utjecaj koji ti signali imaju na finalni izračun pozicije.

Sustav određivanja cjelovitosti će proizvesti oznake cjelovitosti na osnovu mjerenja od strane mreže stanica za nadgledanje cjelovitosti (*Integrity Monitoring Station*) raširenih preko područja pokrivenosti Galileo signalom. Otuda se mjerenja šalju zajedno s lokalnim meteorološkim i ostalim podacima u Centar za cjelovitost.

U Centru dolazi do određivanja cjelovitosti sustava preko jedinice za obradu podataka (*Integrity Processing Facility*) koja koristi statističke metode i provjere protiv već definiranih barijera, pod nadzorom kontrolne jedinice (*Integrity Control Facility*).

Sustav širenja podataka (*Integrity Dissemination System*) koristiti će satelite Galileo konstelacije kako bi odašiljao oznake o cjelovitosti korisnicima. Oznake će biti poslane uzlaznom vezom zemaljskim segmentom izravno na satelite u svrhu uvrštavanja u navigacijski signal u svemiru.

Ova usluga neprestano će jamčiti korisniku podatke o cjelovitosti uz korištenje barem dva satelita pod minimalnim kutom zaklona od 25º.

3.1.4. Javno reguliran servis

Javno reguliran servis (*Public Regulated Service – PRS*) namijenjen je službama kao što su policija, obalna straža i carinske službe. Civilne institucije će uz kriptografsku zaštitu signala kontrolirati pristup ovom servisu preko ključnih sustava rukovođenja odobrenih od nacionalnih vlasti. Regionalni pristup ili pristup određenih grupa korisnika pratiti će pravila o sigurnosti primjenjiva u Europi.

PRS je operativan u bilo koje vrijeme i u svim uvjetima uključujući i krizna razdoblja. Velik adut PRS-a je robusnost signala zaštićenog od zastajanja ili ometanja, u boljoj izvedbi nego u ostalim Galileo uslugama (OS, CS i SoL) preko uporabe odgovarajućih tehnologija za ublažavanje smetnji.

PRS signali se trajno odašilju na odvojenim frekvencijama (E6 i L1) kao širokopojasni signali kako bi bili otporni na nenamjerne ili namjerne smetnje i tako pružili veću kvalitetu usluge.

Potreba za ovakvom uslugom je rezultat analize prijetnji za Galileo sustav i identifikacije infrastrukturnih aplikacija u kojima bi narušavanje kvalitete SIS-a od strane nezadovoljnih ili zlonamjernih agencija moglo rezultirati narušavanjem nacionalne sigurnosti, provedbe zakona, sigurnosti ili ekonomskoj aktivnosti unutar određenog geografskog područja. Cilj PRS-a je poboljšanje vjerojatnosti stalne dostupnosti SIS-a za vrijeme prijetnji onim korisnicima s takvim potrebama.

Tipične aplikacije uključuju službe za provedbu zakona, sigurnosne, carinske i obavještajne službe.

	Javno reguliran servis:
Nosioci	Dvije frekvencije
Pokrivenost	Globalna
Točnost pozicioniranja	Horizontalna: 6.5 m Vertikalna: 12 m
Cjelovitost	Da
Granica alarma	Horizontalna: 20 m Vertikalna: 35 m
Vrijeme do alarma	10 sekundi
Točnost mjerenja vremena (tri frekvencije)	100 ns
Dostupnost	99.5 %

Tablica 6. Javno reguliran servis – karakteristike

3.1.5. Servis traganja i spašavanja

Servis traganja i spašavanja (*Search and Rescue – SAR*) je europski doprinos međunarodnom kooperativnom nastojanju za uslugom humanitarnog traganja i spašavanja. SAR usluga je definirana u suradnji sa COSPAS – SARSAT[2] sustavom i njene karakteristike i operacije su regulirane pod nadzorom Međunarodne pomorske organizacije (IMO) i Međunarodne organizacije civilnog zračnog prometa (ICAO).

[2] COSPAS – SARSAT Međunarodni satelitski sustav za traganje i spašavanje sa uslugama detekcije uzbuna i distribucijom informacija. Osnovan je 1979. godine sa sjedištem u Kanadi. Zemlje osnivači su Kanada, Francuska, SAD i bivši Sovjetski Savez.

COSPAS: "Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov" - svemirski sustav za potragu vozila u opasnosti.

SARSAT: Search and Rescue Satellite-Aided Tracking - satelitsko praćenje traganja i spašavanja.

SAR/Galileo će upotpuniti zahtjeve i regulativu IMO-a detekcijom EPIRB-a (*Emergency Position Indicating Radio Beacons – radio farovi za lociranje u hitnim slučajevima*), te zahtjeve ICAO-a detekcijom ELT-a (*Emergency Location Terminals – terminali za lociranje u hitnim slučajevima*).

Isto tako, SAR/Galileo će doprinijeti važnim poboljšanjima u postojećem sustavu:

- primanjem signala opasnosti blizu realnom vremenu s bilo koje lokacije na Zemlji (postojeće vrijeme čekanja trenutno je oko 1 sat);
- preciznim lociranjem mjesta uzbune od nekoliko metara (trenutno 5 km);
- višestrukom detekcijom satelita za savladavanje blokiranja terena u zahtjevnim uvjetima;
- povećanom dostupnosti svemirskog segmenta s 30 MEO satelita (dosad 4 geostacionarna satelita u COSPAS – SARSAT sustavu).

Galileo će također predstaviti nove SAR funkcije kao što su povratna veza od SAR operatera do znaka opasnosti (fara), time olakšavajući operacije spašavanja i pomažući u smanjivanju broja lažnih uzbuna.

SAR transponder na Galileo satelitima detektira znak uzbune s bilo kojeg COSPAS – SARSAT radio fara koji emitira upozorenje na 406 - 406.1 MHz, zatim tu informaciju šalje određenim zemaljskim stanicama u L6-pojasu, nakon čega COSPAS – SARSAT Centri za kontrolu misije izvode određivanje pozicije fara.

3.1.6. Raspored Galileo usluga po frekvencijama

Svaka Galileo usluga ima nekoliko različitih varijacija ovisno o kombinaciji eksploatiranih signala.

OS, primjerice, može biti korišten kao mono frekvencija, dvostruka frekvencija ili usluga mjerenja vremena. U svojoj dvofrekventnoj formi OS može koristiti signale na E2-L1-E1 ili na bilo kojem od E5A ili E5B pojaseva. Signali na E2-L1-E1 ili na E5A (L5) pojasu pružiti će interoperabilnu uslugu s GPS sustavom.

CS će imati pristup i trećoj frekvenciji spektralno odijeljenoj od otvorenih signala. Također sadrži i veći kapacitet protoka podataka.

SoL koristi iste osnovne signale kao i OS. Ključna razlika je u primanju i procesiranju podataka o cjelovitosti i autentifikaciji signala. Da bi postigao veliku razinu učinkovitosti izvedbe i primao usluge o cjelovitosti, SoL zahtijeva kombinaciju signala na E2-L1-E1 i E5B pojasu itd.

Među deset navigacijskih signala:

- šest ih je dizajnirano za OS i SoL (signali 1,2,3,4,9,10 sa slike 5)
- dva su posebno dizajnirana za CS (signali 6 i 7 sa slike 5)
- dva su posebno dizajnirana za PRS (signali 5 i 8 sa slike 5)

Jedanaesti, SAR signal šalje se silaznom vezom prema COSPAS-SARSAT zemaljskoj infrastrukturi.

Signal			Središnja frekvencija (MHz)	Kriptografska zaštita koda udaljenosti	Protok podataka simbol/s (b/s)	Kriptografska zaštita podataka	Referentni servis
Broj	**Naziv**	**Opis**					
1	E5A- I	Podaci	1176.45	Nema	50 (25)	Nema	OS/SoL
2	E5A- Q	Pilot	1176.45	Nema	Nema	-	OS/SoL
3	E5B- I	Podaci	1207.14	Nema	250 (125)	Nešto	OS/SoL/CS
4	E5B- Q		1207.14	Nema	Nema	-	OS/SoL/CS
5	E6- A	Podaci	1278.75	Vladina	Utvrđuje se	Da	PRS
6	E6- B	Podaci	1278.75	Komercijalna	1000 (500)	Da	CS
7	E6- C		1278.75	Komercijalna	Nema	-	CS
8	E2-L1-E1- A	Podaci	1575.42	Vladina	Utvrđuje se	Da	PRS
9	E2-L1-E1- B	Podaci	1575.42	Nema	250 (125)	Nešto	OS/SoL/CS
10	E2-L1-E1- C		1575.42	Nema	Nema	-	OS/SoL/CS
11	L6 silazna veza	Podaci	1544.10	-	-	-	SAR

Tablica 7. Karakteristike navigacijskih signala i njihov raspored prema uslugama

3.2. Područje primjene

Primjene omogućene Galileo sustavom protežu se dalje od usluga pozicioniranja korisnika i mjerenja vremena i stoga integriraju nove tehnologije kako bi zadovoljile nadolazeće potrebe korisnika.

Primjena Galileo sustava ovisiti će o integriranim uslugama gdje se navigacijski podaci kombiniraju s dodatnim slojevima informacija. Brojne domene sežu od prometnih aplikacija do mjerenja vremena, geodetskih mjerenja, provedbe zakona, graditeljstva, znanosti, okoliša, traganja i spašavanja, čak i rekreacije.

Neki od ovih područja zahtijevaju specijalne značajke koje ne postoje u trenutnim satelitskim navigacijskim sustavima. One mogu uključivati servisne garancije, autentifikaciju signala, podatke o cjelovitosti signala, odgovornost prema operaterima, praćenje prošlih izvedbi sustava, transparentnost operacija, dostupnost sirovih i procesiranih podataka iz jezgre sustava, certifikaciju i kompetitivnu servisnu izvedbu po pitanju točnosti, kontinuiteta i dostupnosti.

3.2.1. Promet

Usluge sustava koristiti će se u svakoj transportnoj domeni (zračni, željeznički, morski, cestovni i pješački promet) sa svojim karakterističnim potrebama. Bitno je naglasiti da je Galileo 2001. godine uvršten u projekt trans-europske mreže (*Trans European Network – TEN*) kao prioritet broj 15.

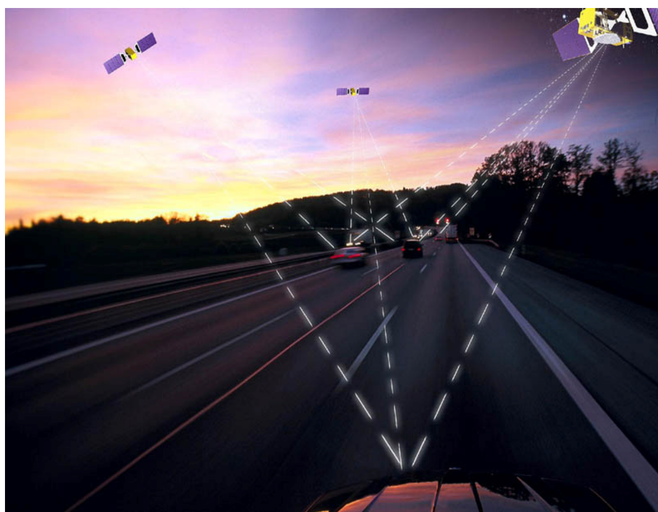
U zračnom prometu Galileo se može koristiti u različitim fazama leta: putna navigacija, prilaz aerodromu, slijetanje i navođenje na zemlji. Galileo lokalni elementi omogućiti će primjene u preciznim prilazima u uvjetima ograničene ili slabe vidljivosti, te na kraju omogućiti smanjenje sadašnje zemaljske infrastrukture na zračnim lukama. Isto tako će biti učinkovit pri ostvarivanju jedinstvenog regulatora za usluge kontrole leta na području Europe - *Single European Sky*.

U pomorskoj navigaciji Galileo će se koristiti za navigaciju na brodovima za sve oblike prijevoza uključujući morsku i obalnu navigaciju, prilaz i manevre u lukama.

Galileo će omogućiti razvoj i primjenu novih aplikacija kao što je automatizirani sustav identifikacije[3] (*Automated Identification System – AIS*) za povećanje sigurnosti u navigaciji.

Navigacija unutarnjim plovnim putevima čak će i u kritičnim uvjetima imati koristi od Galileo sustava i njegove interoperabilnosti s drugim sustavima i senzorima. Sustav informiranja na rijekama (*River Information System - RIS*) će općenito imati još veće koristi.

Cestovna primjena uključuje navigaciju u automobilima, upravljanje voznim parkom taksija i autobusa, naplatu cestarine i pomoć pri vožnji. Cestovni operatori će moći učinkovito eksploatirati svoju mrežu bazirajući svoje sustave naplate cestarine (trenutno u izradi) na pouzdanom i točnom Galileo pozicioniranjem.



Slika 8. Primjena Galileo sustava u cestovnom prometu

Usluga informiranja za cestovne korisnike također može biti bazirana na Galileo sustavu. Ponašanje u prometu može biti nadgledano preko navigacijskih snimača u vozilu koji bi generirali korisne informacije za ostale cestovne korisnike. Podaci o vozilu mogu biti pohranjeni s točnim vremenskim zapisima i preciznim informacijama o lokaciji za potrebe dokazivanja odgovornosti u slučaju nesreće.

U slučaju da snimljeni podaci budu korisni osiguravajućim društvima, moraju biti vrlo pouzdani s garancijama ovlaštenog sustava, za što Galileo ima sredstva i razinu izvedbe. Galileo će, najčešće s lokalnom podrškom, povećati sigurnost i mobilnost u cestovnom prometu.

---

[3] AIS je sustav koji koriste brodovi i službe prometa plovila prvenstveno za identifikaciju i lociranje plovila. AIS omogućuje brodovima da elektronski izmjenjuju podatke o identifikaciji, lokaciji, kursu i brzini s drugim brodovima i službama prometa plovila.

Napredni sustavi za pomoć pri vožnji (*Advanced Driver Assistance Systems*) u kombinaciji s Galileo prijemnicima davati će upozorenja o približavanju, te će pomoći pri povećanju vidljivosti i manevriranju pri manjim brzinama.

Željeznički promet će također imati koristi od kontrole i nadzora vlakova, vođenja flote, nadzora tračnica i usluga informiranja korisnika. Željezničke operacije pripadaju SoL usluzi, gdje Galileo može pomoći u smanjenju broja nesreća. Predviđeni Galileo automatski sustavi pružnih prijelaza biti će sigurnija alternativa sadašnjim nezaštićenim prijelazima u ruralnim područjima. Potvrda usluge je, za sustav sigurnosnih potreba kao što je željeznički promet, nešto bez čega on neće moći funkcionirati.

Satelitska navigacija poboljšati će i carinske kontrole. Fizičke kontrole mogle bi biti zabranjene za robu ili osobe koji nisu pod nadzorom ove tehnike. Povećana efikasnost će biti poboljšanje za carinske vlasti i za javnost.

3.2.2. Energija

Precizno mjerenje vremena Galileo sustava pomoći će optimiziranju prijenosa struje kroz dalekovode. Galileo također može pomoći pri održavanju infrastrukture za distribuciju el. energije.

Strujne mreže su pod nadzorom instrumenata raširenim duž cijelog sustava. Informacije s tih instrumenata koristiti će se za popravke sustava kada dalekovod pukne ili dođe do slabljenja u mreži. Galileo će poboljšati vremensku sinkronizaciju tim instrumentima kako bi omogućio brži povratak u punu razinu upotrebe.

Sektor nafte i plina također može imati koristi u više područja. Kod morskih seizmičkih istraživanja koristiti će se usluge pozicioniranja za plovila za prikupljanje seizmičkih aktivnosti, te za seizmička postrojenja za pohranu podataka i postrojenja s alatima za bušenje. To će povećati sigurnost aktivnosti bušenja s mogućnošću nadzora novih mjesta bušenja u visokoj rezoluciji i identifikaciju bilo kakvih geomorfoloških ili geofizičkih rizika. Lociranje platforme i njenog plovila za usidravanje biti će također poboljšani uz Galileo u fazama prijelaza, završnog pozicioniranja tegljača i usidravanju platformi za bušenje.

Završna pozicija uređaja za bušenje i finalna orijentacija platforme biti će određeni s visokom razinom točnosti. Trend u sektoru nafte i plina je udaljiti se s utvrđenih pronalazaka na udaljene lokacije bez lokalne infrastrukture. U tim područjima satelitsko pozicioniranje i komunikacija su od vitalne važnosti. Brz prijenos podataka u kombinaciji s određivanjem pozicije omogućuje naftnim tvrtkama odluke o operacijama bušenja u realnom vremenu. Podaci o cjelovitosti Galileo sustava dobivaju posebnu važnost pri nailasku na ciljano mjesto bušenja i pripremi za usidravanje ili spuštanje nogu platformi za bušenje.

3.2.3. Financije, bankarstvo i osiguranje

Kako internet bankarstvo uzima sve više maha, tako i cjelovitost, autentifikacija i sigurnost poslanih podataka proizlaze kao glavno pitanje u elektroničkoj razmjeni dokumenata.

Jedna od najvećih briga u e-poslovanju je sigurnost podataka korisnika u procesu kupnje što zahtjeva određene sustave kriptografske zaštite. Slično tome, e-bankarstvu prijete rizici poput falsificiranja transakcija, te neovlaštenog pristupa dokumentima, računima i kreditnim karticama. Burzi prijete isti rizici. Ovjeravanje podataka baziranih na legalno dostupnim vremenskim referencama smanjiti će te rizike.

Internet sustavi stvorili su potrebu za točnom i legalno prihvatljivom dokumentacijom koja daje detaljne podatke o korisniku, tipu i veličini transakcije. Sustavi elektronskih potpisa su trenutno u upotrebi, ali će vremensko označavanje dramatično povećati sigurnost ovih sustava. Galileo povjerljiv vremenski signal mogao bi se koristiti kao pouzdani sustav kriptografske zaštite koji nudi dodatnu vrijednost sljedivosti i odgovornosti pri davanju vremenskih informacija.

U sektoru osiguranja Galileo pruža efektivni način kontrole i nadgledanja vrijedne robe. Neprekidno praćenje smanjuje rizike i tako koristi osiguravajućim društvima i njihovim strankama. Galileo usluge ne samo da omogućuju legalno prihvatljive informacije već pokreću velik broj usluga koje se odnose na osiguranje mobilne i nepokretne imovine.

3.2.4. Poljoprivreda i ribarstvo

Poljoprivredna zajednica cilja na bolje poljoprivredne proizvode uz očuvanje okoliša i prihvatljiv ekonomski dobitak. Satelitska navigacija može pridonijeti u nadgledavanjima uroda i raspodjeli gnojiva, herbicida i insekticida kako bi se popunila područja sa slabijim urodom i kontrolirali korovi i nametnici. U tom slučaju, Galileo prijemnici se mogu jednostavno instalirati na poljoprivredna vozila.



Slika 9. Primjena Galileo sustava u poljoprivredi

Isto tako mogu postojati legalni zahtjevi farmerima za davanje kartografskih dokaza koji pokazuju točna područja obrađena kemikalijama. Druga aplikacija u poljoprivrednoj domeni je bazirana na ovlaštenim parcelinim mjerenjima putem Galileo terminala kako bi se pružila troškovno efektivna rješenja za korisnike i nadgledatelje.

Sektor ribarstva će u sličnom omjeru imati koristi od Galileo sustava. Osim svakodnevne navigacije i poziciranja plovila, Galileo može pomoći pri nadgledanju ribljih resursa. Ova usluga može biti pojačana podacima iz mora i okoline. Ovlaštene Galileo usluge dopustiti će vlastima da potvrde djelovanje ribarskih plovila na samo naznačenim područjima. Ovo se primjenjuje tim više na nacionalnim razinama, gdje postoje stroga pravila o neovlaštenom pristupu unutar nacionalnih granica na moru.

Galileo će također pružiti načine za poboljšanje vođenja zemljišnih knjiga što će pomoći pri stvaranju legalne sigurnosti s obzirom da su katastarske informacije često netočne ili čak nemoguće za nabaviti.

3.2.5. Osobna navigacija

Galileo integriranje s komunikacijama kao primjena u uslugama lociranja posebno će se primijeniti u osobnim ručnim uređajima, iliti *handheld* terminalima.

Takvi uređaji će odrediti svoju poziciju koristeći samo Galileo sustav ili u kombinaciji s drugim sustavima. Lokacijske usluge ovise o davateljima usluga ili mrežnim operaterima koji znaju poziciju upućivanja poziva kako bi omogućio prave informacije. Podaci poslani na korisničke uređaje moći će se automatski prilagođavati za pružanje usluga na zahtjev kao što su npr. informacije o najbližim restoranima, hotelima, kazalištima i vremenskim prilikama. Ova tehnika je posebno važna u hitnim slučajevima za identifikaciju pozivatelja s nejasnom predodžbom o svojoj lokaciji. Lokacije mogu biti automatski određene i prijavljene najbližim hitnim službama. Ovaj kocept je dio razvoja europskog 112 programa za pozivanje u hitnim slučajevima.

Praćenje osoba je sljedeća aplikacija u kojoj bi se vanjske službe mogle bolje koordinirati, kao npr. u slučajevima medicinskih službenika pri posjeti pacijentima, za policiju, vatrogasna kola i komercijalne radnike. Ova usluga može se općenito koristiti za kontrolu i koordinaciju djelatnosti u grupama.

Sustav naplate korištenja usluga mreža mobilnih komunikacija može se poboljšati primjenama naplate na osnovi lokacije, dopuštajući zajedničke tarife za manja područja. Naplata ovisna o lokaciji može se proširiti na usluge naplate cestarina i automatiziranih turističkih vodiča.

3.2.6. Hitni i krizni slučajevi

Ova primjena zahtjeva brzo vrijeme odaziva i najefektivnije korištenje izvora kao primjerice kod šumskih požara. Policija i hitne službe također trebaju pouzdano i točno poznavanje lokacije poslanih snaga kako bi ih efektivno koordinirali, što je posebno važno u kritičnim slučajevima kada civilna infrastruktura nije dostupna.

Brzina primjene trenutnih zamjenskih modela tada postaje ekstremno važna, a Galileo signal može odraditi osnovnu ulogu u takvim situacijama. Ostale krizne situacije mogu uključiti poplave, hitne intervencije na moru, proljevanja nafte, potrese i operacije humanitarne pomoći.

3.2.7. Upravljanje okolišem

Dostupnost novih frekvencija i različitih signala povećati će mogućnosti analize podataka za različite namjene. Galileo usluge mogu pridonijeti pri prikupljanju novih podataka za nove istraživačke eksperimente, izradi morskih i ledenjačkih karata, studijama plime, struja, morskih razina i praćenju ledenjaka. Pomoći će pri nadgledanju atmosfere uz analizu vodene pare za vremenske prognoze i klimatske studije, kao i ionosferska mjerenja za radiokomunikacije, svemirska istraživanja i predviđanja potresa. U prirodi se može pratiti kretanje divljih životinja kako bi se sačuvala njihova prirodna staništa.

3.2.8. Geodetska mjerenja

Geodetski sektor pokriva širok spektar korisnika: za kopnena i morska mjerenja koja se koriste pri izradi karata, katastarskih mjerenja, hidrografije, nadgledanja prirodnih resursa, morskih seizmičkih istraživanja itd. Neki od tih korisnika trenutno koriste diferencijalni GPS (D-GPS) koji je ograničen dostupnošću stanica u područjima interesa i jako skup za krajnjeg korisnika. Galileo će pružiti globalni servis s točnošću unutar metra zahvaljujući dodatnom širenju navigacijskih podataka s kriptografskom zaštitom, dometom i mjerenjem vremena sa servisnim garancijama. Štoviše, servisne garancije će otvoriti nove mogućnosti u poslovnim situacijama koje uključuju treću stranu - ugovori između javnih vlasti i privatnih kompanija moći će pružati ovlaštene geodetske podatke za javnu primjenu.

3.2.9. Rekreacija

GPS usluge su već izrađene za rekreacijsko letenje i jedrenje, dok će ih Galileo proširiti na osnovnu navigaciju preko ručnih uređaja s prikazom karata i sekundarnim komunikacijskim funkcijama. Integracija s tehnologijom mobilnih komunikacija otvorit će nove scenarije za aplikacije osobne mobilnosti. Ključna prednost Galieo sustava je njegovo usmjerenje na interoperabilnost, što će mu jednostavno omogućiti integraciju na razinama sustava i korisnika s postojećim i budućim sustavima kao što su GSM (globalni sustav mobilne komunikacije) i UMTS (univerzalni mobilni telekomunikacijski servis).

4. GALILEO I OSTALI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Globalno poznati standardi signala ITU-a osnovica su za prihvatljivost i interoperabilnost između sustava satelitske navigacije.

Galileo će svojim signalima i kvalitetom izrade biti u mogućnosti kombiniranja sa svim poznatim GNSS sustavima, uključujući GPS i GLONASS. Kao takav, Galileo će moći poboljšati svoje usluge, usluge ostalih sustava i ostvariti dodatne mogućnosti pri razvoju novih tehnologija za implementaciju ovih sustava globalno.

Kao temelj Galileo sustavu važan je europski sustav poboljšanja - EGNOS, koji uz ostale globalne i regonalne sustave poboljšanja sustava satelitske navigacije znatno povećava učinkovitost navigacijskih signala za područje Europe i cijeloga svijeta.



Slika 10. EGNOS Logo

GPS, kao trenutno jedini satelitski navigacijski sustav sa širom primjenom imati će posebne koristi od kombiniranih usluga, s obzirom na njegove dosadašnje izvedbe, tehničke nedostatke, vojni karakter i budući razvoj na globalnom tržištu.

Kombinacija Galileo sustava s GPS-om težiti će prema jednom globalnom navigacijskom satelitskom sustavu, koji će zajedno sa sustavima poboljšanja jednog dana postati sustav vrhunskih performansi i bez mogućnosti otkaza ili pogrešaka.

4.1. EGNOS

EGNOS, zajednički projekt europske svemirske agencije (ESA), Europske Komisije i EUROCONTROL-a (europska organizacija za sigurnost navigacije u zračnom prometu), prvi je europski pothvat u području satelitske navigacije. Kao takav njegova je funkcija pripreme Europe na Galileo usluge.

EGNOS je europski satelitski sustav za povećanje performansi i primarna svrha mu je poboljšanje pružanja usluga u zračnom, pomorskom i kopnenom prometu za korisnike u Europi. Poboljšava GPS i GLONASS sustave putem diferencijalnih korekcija kako bi ih prilagodio za sigurnosno kritične aplikacije kao što su navođenje zrakoplova ili navigacija brodova kroz uske kanale.

Uz ove primjene, EGNOS je dizajniran da zadovolji većinu ostalih potreba korisnika:

- Raspoloživost je poboljšana slanjem signala identičnih GPS-ovim s do tri geostacionarna satelita;
- Preciznost je poboljšana na 1-2 m horizontalno (prije oko 20 m) i 3-5 m vertikalno;
- Cjelovitost i sigurnost su poboljšane slanjem uzbuna korisnicima unutar 6 sekundi ako dođe do otkaza u GPS sustavu.

EGNOS usluge dostupne su za zapadnu Europu i Mediteran od 2005. godine za aplikacije koje nisu sigurnosno kritične, a usto se može proširiti da pokriva i druga područja uključujući Afriku, Južnu Ameriku i Aziju.

Slične inicijative pokrenute su i u drugim dijelovima svijeta, kao američki sustav poboljšanja za šire područje (*Wide Area Augmentation System – WAAS*), japanski sustav poboljšanja uz korištenje *MTSAT*[4] satelita (*MTSAT Satellite Augmentation System – MSAS*), te indijski *GAGAN* (*GPS Aided Geo Augmented Navigation*).

[4] MTSAT – Multifunkcionalni transportni satelit – japanski satelit sa funkcijama meteorološke i aeronautičke misije.

EGNOS pruža interoperabilnost sa svim navedenim sustavima za korisnike s GNSS prijemnikom u određenim regijama. Za primjenu u civilnoj avijaciji EGNOS zadovoljava ICAO globalne standarde te također pokriva multi-modalni transport i mnoge druge netransportne aplikacije.

EGNOS je važan instrument za stvaranje iskustava pri uvođenju Galileo sustava uz jedini nedostatak – ne pruža dovoljnu razinu kontrole nad GNSS-om.

Struktura sustava

EGNOS se sastoji od četiri segmenta: zemaljskog, svemirskog, korisničkog segmenta i lokacija za podršku.

Zemaljski segment sastoji se od GNSS (GPS, GLONASS, GEO – geosinkrona ekvatorijalna orbita) RIMS-ova (stanica za domet i nadgledanje cjelovitosti) koji su spojeni na centre za kontrolu misije (*MCC*). Centri određuju podatke o cjelovitosti, diferencijalne korekcije za svaki satelit uz pseudo razmak, ionosferska kašnjenja i generiranje astronomskog kalendara.

Ove informacije se šalju u obliku poruke prema navigacijskim zemaljskim kopnenim stanicama (*Navigation Land Earth Station - NLES*), te se šalju uzlaznom vezom zajedno s GEO signalima o udaljenosti prema GEO satelitima. Zatim GEO sateliti šalju te podatke silaznom vezom preko frekvencije GPS veze 1 (L1) s modulacijom i kodiranjem sličnom GPS-ovom.

EGNOS svemirski segment sastoji se od geostacionarnih transpondera s globalnim pokrivanjem, a baziran je na INMARSAT-3 AOR-E i IOR, te ESA ARTEMIS navigacijskim transponderima.

EGNOS korisnički segment sastoji se od EGNOS standardnog prijemnika koji potvrđuje izvedbu signala u svemiru i skupine prototipne korisničke opreme za civilnu avijaciju, kopnene i pomorske aplikacije.

Lokacije za podršku uključuju platformu za potvrdu razvoja (*Development Verification Platform - DVP*), postrojenja za specifičnu kvalifikaciju aplikacije (*Application Specific Qualification Facility - ASQF*) i postrojenja za procjenu izvedbe i odjavu sustava (*Performance Assessment and System Checkout Facility - PACF*).

Ove ustanove potrebne su za podršku razvoja sustava, operacije i kvalifikaciju. EGNOS elementi biti će funkcionalno nezavisni od Galileo globalne komponente kako bi se izbjegli poznati modeli otkaza.

Usluge sustava

EGNOS omogućuje tri tipa usluga koje se nude kao javni servis:

- Usluge mjerenja udaljenosti s dodatnim izvorima sličnim GPS-ovim
- Diferencijalne korekcije za šire područje
- Podaci o cjelovitosti i upozorenja za GPS i GLONASS konstelacije

Iako je EGNOS usluga uvjetovana dostupnošću GPS-a, predviđa se davanje ugovornih veza između davatelja usluga i nekih korisnika uz servisne garancije.

Kombinacija Galileo SoL usluga s EGNOS servisima je od posebnog značaja i pružiti će nezavisne i komplementarne informacije o cjelovitosti zasebno za Galileo i GPS konstelacije.



Slika 11. Primjena EGNOS usluga

4.2. GPS

Globalni sustav pozicioniranja je američki sustav koji pruža usluge pozicioniranja, navigacije i mjerenja vremena.

Struktura sustava

GPS se sastoji od tri segmenta: svemirskog, kontrolnog i korisničkog segmenta. Svemirski i kontrolni segment razvija, održava i koristi američko ratno zrakoplovstvo.



Slika 12. GPS II satelit

Svemirski segment se sastoji od nominalne konstelacije od 24 operativna satelita koji odašilju jednosmjerne signale s trenutnim GPS podacima o poziciji i vremenu.

Kontrolni segment sastoji se od stanica za kontrolu i nadgledanje sustava smještenih širom svijeta, koje održavaju satelite u njihovoj orbiti preko povremenih komandnih manevara, a ujedno prilagođavaju i satelitske satove. Stanice slijede GPS satelite, šalju ispravljene navigacijske podatke i održavaju valjanost i status satelitske konstelacije.

Korisnički segment sastoji se od opreme za prijem GPS signala koja prima signale s GPS satelita i koristi poslane informacije kako bi izračunala trodimenzionalnu poziciju korisnika u zadanom vremenu.

Usluge sustava

GPS sateliti pružaju usluge civilnim i vojnim korisnicima. Civilna usluga je otvoreno dostupna svim korisnicima na svjetskoj razini, dok je vojna usluga dostupna samo američkim i savezničkim vojnim snagama, kao i ovlaštenim Vladinim agencijama.

Iako se kao trenutni jedini potpuno aktivan GNSS sustav u velikoj mjeri koristi za civilne primjene, GPS ima nekoliko nedostataka: promjenjiva točnost pozicioniranja i mala pouzdanost.

Regije na većim geografskim širinama, preko kojih se isprepliću mnogi zračni putevi, nemaju pouzdanu pokrivenost. Probijanje signala u zgusnutim područjima i gradskim centrima je također nepouzdano. Nadalje, nadmoćni vojni karakter GPS-a znači da uvijek postoji rizik za civilne korisnike da budu odsječeni u slučaju krize. Ometanje signala postojećim navigacijskim sustavima također može imati katastrofalne posljedice, posebno onda kada nema upozorenja i nikakve trenutne informacije o pogreškama korisnicima[5].

Iz tog razloga razni sustavi za poboljšanje GPS signala dostupni su za povećanje performansi sustava da bi postigli zahtjevanu razinu upotrebe za korisnika. Ovi sustavi poboljšavaju dostupnost signala, točnost i cjelovitost, uz bolju izvedbu nego što je moguća uz korištenje osnovne civilne GPS usluge. Neki od istaknutih sustava su:

- Nacionalni diferencijalni GPS sustav (*Nationwide Differential GPS System - NDGPS*): zemaljski sustav poboljšanja kojeg koriste i održavaju američka nacionalna željeznička organizacija, američka obalna straža i nacionalna cestovna uprava, u svrhu povećanja točnosti i cjelovitosti sustava na kopnu i moru;
- Sustav poboljšanja za šire područje (*WAAS*): satelitski sustav poboljšanja kojeg koristi američka nacionalna zračna uprava (*Federal Aviation Administration - FAA*), u svrhu pružanja navigacijskih podataka zrakoplovima u svim fazama leta. Ovaj sustav radi u suradnji s međunarodnom organizacijom za civilni zračni promet (International Civil Aviation Organisation - ICAO), uz ostale slične sustave kao što su EGNOS, GAGAN i MTSAT. Danas se ove mogućnosti koriste i u širem području primjene izvan područja avijacije;

[5] Kao ekstreman može se navesti kanadski primjer u zračnom prometu kada je GPS signal bio prekinut na više od 80 minuta s naknadnom greškom u pozicioniranju od 200 km čim je signal ponovno uspostavljen.

- Stanica za neprekidno obavještavanje (*Continuously Operating Reference Station - CORS*): vođen od strane nacionalne morske i atmosferske uprave, služi za arhiviranje i distribuciju GPS podataka za precizno pozicioniranje i primjene atmosferskih modela uglavnom naknadnom obradom;
- Globalni diferencijalni GPS (*Global Differential GPS – GDGPS*): vrlo precizni sustav poboljšanja GPS-a razvijen od strane laboratorija za mlazni pogon nacionalne uprave za aeronautiku i svemirska istraživanja (*National Aeronautics and Space Administration - NASA*) za potrebe pozicioniranja, mjerenja vremena i određivanja orbite za znanstvene misije;
- Međunarodna usluga GNSS-a (*International GNSS Service - IGS*): mreža od preko 350 stanica za nadgledanje GPS-a od 200 organizacija u 80 zemalja. Njena misija je pružiti podatke u najvišoj kvaliteti i proizvode kao standard za GNSS podršku za globalna znanstvena istraživanja, multidisciplinarne aplikacije i obrazovanje, a također i za omogućavanje drugim aplikacijama za dobrobit društvu.

Postoje i drugi sustavi poboljšanja GPS usluge dostupni diljem svijeta, vladini i komercijalni. Ovi sustavi mogu koristiti diferencijalne i statičke tehnike, te tehnike primjene u realnom vremenu.

GPS je demonstrirao prednosti satelitske navigacije do te mjere da je u SAD-u prozvan petom komunalnom uslugom uz vodu, struju, naftu i telekomunikacije. Vojni i civilni korisnici razvili su ovisnost o ovom sustavu u zavidnoj mjeri. Vojska se oslanja na satelitsku navigaciju kao znatnu pomoć pri točnoj dostavi naoružanja i efektivan nadzor i kontrolu, dok se civilne aplikacije postepeno povećavaju, posebno za osobne potrebe u vozilima i kod mobilnih telefona. Unatoč tome, najveća briga za korisnike još uvijek je ranjivost navigacijskog signala.

4.3. Kombiniranje Galileo i GPS sustava

Galileo je dizajniran da bude kooperabilan s drugim sustavima i kao takav će u mnogim slučajevima biti korišten kao dio kombinirane usluge. Prepoznavanje kombiniranih usluga važno je kako bi se zadovoljile najzahtjevnije korisničke aplikacije, smanjile slabosti sustava satelitske navigacije i na kraju dobio pristup budućim GNSS tržištima i proširilo tržište za nove pogodnosti.

U slučaju garancije, kombinirane usluge će se vjerojatno regulirati od strane Galileo operativne kompanije, koja će biti odgovorna za kvalitetu Galileo izvedbe. Najočitiji sustavi s kojima će Galileo vršiti kombinaciju su ostali postojeći GNSS sustavi: GPS, GLONASS, SBAS i GBAS, zato što dijele mnoge karakteristike s Galileo sustavom koji koristi kombiniranje na korisničkoj razini. U dodatku, ti GNSS sustavi mogu se dalje poboljšavati preko lokalnih elemenata.

Kombinacijom Galileo sustava s drugim GNSS sustavima mogu se očekivati povećane performanse na sljedećim područjima:

- Dostupnost: u kombinaciji Galileo sustava s GPS-om i SBAS sustavima broj satelita popeti će se na 60-ak. U normalnim urbanim područjima ovo će rezultirati povećanjem dostupnosti 4 satelita s 40% na više od 90%;
- Točnost pozicioniranja: uz dostupnost u urbanim područjima veže se bolja geometrija satelita, tj. bolja izvedba pri pozicioniranju;
- Cjelovitost: SBAS sustavi uz generiranje signala o udaljenosti daju podatke o cjelovitosti za GPS i GLONASS. U slučaju da aplikacija traži slanje podataka o cjelovitosti dvaju sustava moći će to postići korištenjem SBAS sustava, od čega će SoL usluge imati znatnu korist;
- Redundancija: kombinacijom usluga s odvojenih i potpuno nezavisnih sustava potpuna redundancija može se postići. To je posebno važno za SoL aplikacije kojima treba potpuna rezervna kopija sustava.

Prvi nalaz Galileo i GPS kombiniranih performansi usluga izvedeni su s predviđenim rezultatima iz Tablice 8, uz 99% dostupnosti diljem svijeta.

	Galileo OS jednofrekv. prijemnik (10º kut zaklona)	Galileo OS + GPS jednofrekv. prijemnik (10º kut zaklona)	Galileo OS dvofrekv. prijemnik (10º kut zaklona)	Galileo OS + GPS dvofrekv. prijemnik (10º kut zaklona)	Galileo OS jednofrekv. prijemnik (30º kut zaklona)	Galileo OS + GPS jednofrekv. prijemnik (30º kut zaklona)
Horizontalna točnost	15	7-11	4	3-4	14-54	11-21
Vertikalna točnost	35	13-26	8	6-8	21-81	17-32

Tablica 8. Galileo OS i GPS kombinirane performanse usluga

Znatna poboljšanja u kombiniranoj izvedbi sustava i signalima u zavisnosti su od nekoliko faktora:

- Veći protok podataka pruža usluge o cjelovitosti, SAR i ograničene komercijalne podatke;
- Širi frekvencijski pojas E5A zajedno s E5B (u odnosu na samo L5 pojas), te prihvaćanje zajedničkog signala za Galileo L1 i GPS L1 otvorene signale daje veću preciznost signala;
- Nešto jača snaga signala može poboljšati operacije u zatvorenim područjima;
- Poboljšane tehnike ionosferskog modeliranja pružaju veću točnost za korisnika jednofrekventne usluge;
- Galileo će odašiljati minimalno tri frekvencije međunarodne telekomunikacijske Udruge (*International Telecommunication Union – ITU*), dok će GPS koristiti dvije takve frekvencije uz treću nezaštićenu vojnu frekvenciju;
- Mehanizmi kao što je asimetrična kriptografska zaštita transparentna za korisnike smatraju se da će zaštititi korisnika i operatera davajući im servisne garancije.

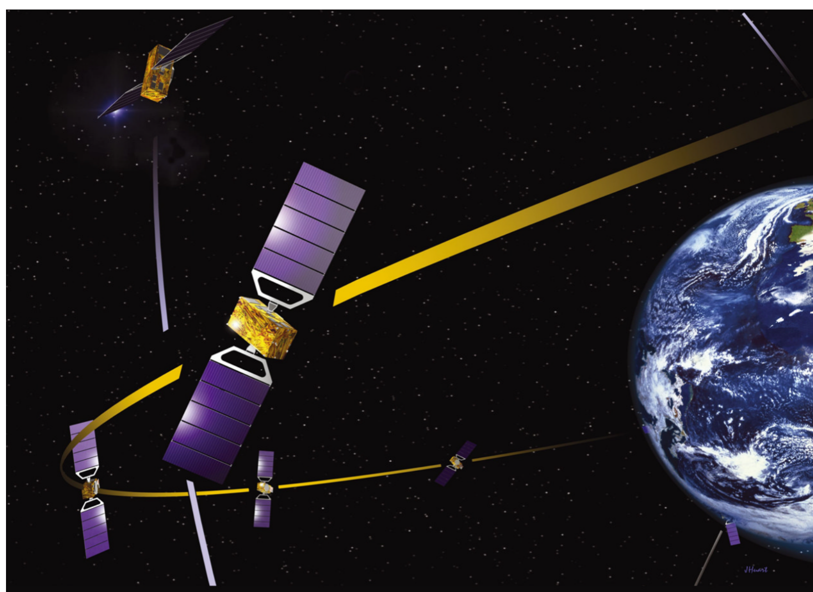
U okruženju s prostorom bez prepreka na nebu svaka konstelacija bi dopustila 6 ili više vidljivih satelita. To daje dovoljnu redundanciju za ne-sigurnosne aplikacije za masovno tržište.

S jednom konstelacijom autonomna cjelovitost prijemnika je marginalna i ne mogu joj se povjeriti SoL aplikacije. Dvije interoperabilne konstelacije dopustiti će prijemnicima izračunavanje između dva nezavisna rješenja i kada to politički uvjeti budu dopuštali, prijemnici će biti slobodni da motre 24 GPS satelita i 30 Galileo satelita kao jedinstvenu GNSS konstelaciju.

Teorijski gledano, rješavanje pozicioniranja biti će utvrđeni u velikoj mjeri i sposobnost za samoprovjeru, tj. cjelovitost za nevaljane satelite biti će puno robusnija.

Međutim, Galileo će još uvijek trebati svoju autonomnu sposobnost dobivanja podataka o cjelovitosti za rijetke slučajeve kada se GPS sustav neće moći koristiti, no zajednički potencijal u vidu cjelovitosti bi mogao pružiti ekstremno visoku razinu pouzdanosti za krajnjeg korisnika.

U zaključku, veća dostupnost pri ometanom okruženju dopustiti će robusniju mogućnost pozicioniranja radi veće vjerojatnosti čistog vidnog spektra prema dovoljnom broju satelita.



Slika 13. Galileo sateliti

5. ZAKLJUČAK

Galileo sustav će svojom potpunom implementacijom sa sigurnošću postati najpouzdaniji i najtočniji zasebni sustav za globalnu satelitsku navigaciju, počevši od višegodišnjeg rada i iskustva europske svemirske agencije i uvođenja EGNOS sustava, do današnjih dana kada je tek GIOVE-B uspješno lansiran i spreman zastupati cjelokupnu konstelaciju.

Infrastruktura ovog sustava mnogo obećava, satelitski atomski satovi najtočniji su satovi ikad poslani u svemir, s malim mogućnostima za pogreške i otkaza, te visokom razinom sigurnosti. Sama konstelacija od 30 satelita omogućiti će globalnu pokrivenost i 10 navigacijskih signala za sve vrste korisnika. Dobro organizirani i zamišljen zemaljski segment omogućiti će nesmetani protok navigacijskih informacija između satelita i krajnjeg korisnika. Pritom će uvelike pomoći lokalni i regionalni sustavi poboljšanja koji će koristiti diferencijalne korekcije, dodatne signale ili njihovu dodatnu raspodjelu kao dodane vrijednosti na Galileo uslugu. Novom generacijom korisničkih uređaja mogu se tek naslutiti spektri aplikacija za simplifikaciju svakodnevnog življenja.

Galileo aplikacije postati će dio društvene tehničke infrastrukture, uključujući sustave za odašiljanje i komunikaciju o kojima ćemo prilično ovisiti. Usluge ovog sustava prelaze dosadašnju jednostavnu primjenu određivanja korisnikove lokacije i vremenske definicije, a umjesto toga integriraju nove tehnologije koje će zadovoljiti nadolazeće korisničke potrebe. Svi tipovi usluga naći će primjenu u mnogim poljima ljudskog djelovanja, od osnovnih usluga lociranja kafića i restorana, orijentacijskog trčanja i razonode, do usluga čija savršenost garantira očuvanje ljudskih života, kao kod preciznih navođenja zrakoplova s korištenjem usluga o cjelovitosti i autentifikacijom signala. Odvojeni kanali i kriptografska zaštita pomoći će javnim službama kao što su policija i carina, a isto tako pomoći u zaštiti sve važnijih digitalnih informacija u nadolazećem porastu e-marketinga. Usluga traganja i spašavanja postizati će zasad nezamislive rezultate u skoro realnom vremenu i postići visoku efektivnost, time i veću vjerojatnost uspješnog spašavanja ljudskih života i prevencije katastrofa.

U kombinaciji s ostalim sustavima nedostaci svakih od sustava će se znatno ispraviti, a čak i u slučajevima izostajanja ostalih sustava Galileo će zadržati visoku kvalitetu signala. U slučajevima kombinacije Galileo signala s GPS-om, višestruka poboljšanja su evidentna, točnost pozicioniranja je dovedena na svega nekoliko metara, dok su servisne garancije i dostupnost sustava zajamčeni. Dodavanjem lokalnih elemenata dodatno će se postići preciznost unutar metra i povećati pokrivenost navigacijskim signalom. Idealna smjernica stvaranja jednog, unificiranog satelitskog sustava s konstelacijom od 60 satelita, u neposrednoj budućnosti značiti će ništa manje nego jedan korak u smjeru nove tehnološke revolucije.

Nove aplikacije se otkrivaju svakodnevno i predviđaju se da će privući 3 milijarde korisnika sustava satelitske navigacije do 2020. godine.

6. POPIS KRATICA

AIS - (*Automated Identification System*) automatizirani sustav identifikacije

ASQF - (*Application Specific Qualification Facility*) postrojenje za specifičnu kvalifikaciju aplikacije (EGNOS)

COSPAS - (Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov) svemirski sustav za potragu vozila u opasnosti

CORS - (*Continuously Operating Reference Station*) stanica za neprekidno obavještavanje

CS - (*Commercial Service*) komercijalni servis

DVP - (*Development Verification Platform*) platforma za potvrdu razvoja (EGNOS)

EGNOS - (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) europski geostacionarni sustav za poboljšanje navigacije

ELT - (*Emergency Location Terminals*) terminali za lociranje u hitnim slučajevima

EPIRB - (*Emergency Position Indicating Radio Beacon*) radio far za lociranje u hitnim slučajevima

ERIS - (*External Region Integrity System*) eksterni sustav za regionalnu cjelovitost

ESA - (*European Space Agency*) europska svemirska agencija

GAGAN - (*GPS Aided GEO Augmented Navigation*) GEO poboljšana navigacija uz pomoć GPS-a

GBAS - (*Ground-Based Augmentation System*) zemaljski sustav poboljšanja

GEO - (*Geosynchronous Equatorial Orbit*) geosinkrona ekvatorijalna orbita

GIOVE - (*Galileo In Orbit Validation* Element) Galileo provjera elemenata u orbiti

GLONASS - (GLObalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) globalni navigacijski satelitski sustav

GNSS - (*Global Navigation Satellite System*) globalni navigacijski satelitski sustav

GOC - (*Galileo Operating Company*) Galileo operativna kompanija

GPS - (*Global Positioning System*) globalni sustav pozicioniranja

GSM - (*Global System for Mobile Communications*) globalni sustav mobilnih komunikacija

GSS - (*Galileo Sensor Station*) Galileo senzorska stanica

GSSF - (*Galileo System Simulation Facility*) Galileo postrojenje za simulaciju

GSTB - (*Galileo System Test Bed*) Galileo platforma za ispitivanje

GSVF - (*Galileo Signal Validation Facility*) Galileo postrojenje za potvrđivanje signala

ICAO - (*International Civil Aviation Organisation*) međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo

IGS - (*International GNSS Service*) međunarodna usluga GNSS-a

IMO - (*International Maritime Organisation*) međunarodna pomorska organizacija

INMARSAT - (*INternational MARitime SATellite Organisation*) međunarodna pomorska satelitska organizacija

ITU - (*International Telecommunication Union*) međunarodna telekomunikacijska Udruga

LIM - (*Local Integrity Monitor*) sustav lokalnog nadgledanja cjelovitosti

LORAN-C - (*LOng RAnge Navigation*) sustav navigacije velikog dometa

MASER - (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) mikrovalna amplifikacija kroz stimuliranu emisiju radijacije

MCC - (*Mission Control Centre*) centar za kontrolu misije

MEO - (*Medium Earth Orbit*) srednja zemljina orbita

MSAS - *(MTSAT Satellite Augmentation* System) sustav poboljšanja uz korištenje *MTSAT* satelita

MTSAT - (*Multifunctional Transport Satellite*) multifunkcionalni transportni satelit

NLES - (*Navigation Land Earth Station*) navigacijska zemaljska kopnena stanica

NSGU - (*Navigation Signal Generation Unit*) jedinica za generiranje navigacijskog signala

OS - *(Open Service) otvoreni servis*

PACF - (*Performance Assessment and System Checkout Facility*) postrojenje za procjenu izvedbe i odjavu sustava (EGNOS)

PHM - (*Passive Hydrogen MASER*) pasivni vodikov MASER

PRS - (*Public Regulated System*) javno reguliran servis

RAFS - (*Rubidium Atomic Frequency Standard*) rubidijev atomski frekvencijski standard

RAIM - (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*) autonomno nadgledanje cjelovitosti u prijemniku

RIMS - (*Ranging and Integrity Monitoring Station*) stanica za domet i nadgledanje cjelovitosti

RIS - (*River Information System*) sustav informiranja na rijekama

RNSS - (*Radio Navigation Satellite Service*) radio-navigacijska satelitska usluga

SAR - (*Search And Rescue*) traganje i spašavanje

SARSAT - (*Search and Rescue Satellite-Aided Tracking*) satelitsko praćenje traganja i spašavanja

SBAS - (*Satellite Based Augmentation System*) satelitski sustav poboljšanja

SIS - (*Signal In Space*) signal u svemiru

SoL - (*Safety of Life*) očuvanje života

SSPA - (*Solid State Power Amplifier*) poluvodičko pojačalo snage

TEN - (*Trans-European Network*) trans-europska prometna mreža

TT&C - (*Tracking, Telemetry and Command*) praćenje, telemetrija i upravljanje

ULS - (*Up-Link Station*) stanica za uzlaznu vezu

UMTS - (*Universal Mobile Telecommunications Service*) univerzalni mobilni telekomunikacijski servis

WAAS - (*Wide Area Augmentation System*) sustav poboljšanja za šire područje

7. LITERATURA

1. GALILEO - The European Programme for Global Navigation Services - 2nd edition

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/documents/doc/2005_02_23_galileo_en.pdf

2. Galileo brochure

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/GalileoE3web_copy.pdf

3. Galileo - A satellite navigation system for the world

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_coop_internat_final_en.pdf

4. The Galilei Project - GALILEO Design consolidation

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galilei_brochure.pdf

5. High Level Mission Definition version 3.0

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_hld_v3_23_09_02.pdf

6. GALILEO Overall Programme Status

http://rtcm.info/sc104/031-2006-SC104-419.pdf

http://www.hsg-vde-suedbaden.de/NR/rdonlyres/3203A2AF-15ED-4FCC-8A38-09DDFC01D3A6/13394/GalileoEUREL2005.pdf

7. Technical overview of Galileo

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo_world_paper_Dec_2000.pdf

8. Status of Galileo Frequency and Signal Design

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_stf_ion2002.pdf

9. Galileo Communications Network

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_COMMS.pdf

10. Galileo System Simulation Facility (GSSF)

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_GSSF.pdf

11. Galileo System Test Bed Version 1 (GSTB-V1)

http://esamultimedia.esa.int/docs/GSTB-V1/ESA_GSTBV1.pdf

12. GIOVE - First Galileo Satellites

http://www.esa.int/esapub/br/br251/br251.pdf

13. Navigation Signal Generation Unit (NSGU)

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_NSGU.pdf

14. Passive Hydrogen Maser (PHM)

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_PHM.pdf

15. Rubidium Atomic Frequency Standard (RAFS)

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_RAFS.pdf

16. Galileo Solid State Power Amplifier (SSPA)

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_SSPA.pdf

17. Dual Mode TT&C Transponder

http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_TRANSPONDER.pdf

18. The European dependence on US-GPS and the GALILEO initiative

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/gal_european_dependence_on_gps_rev22.pdf

19. GALILEO Application Sheets

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app01.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app02.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app03.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app05.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app06.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app07.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app08.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app09.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app10.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app11.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app12.pdf

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app13.pdf

20. Ostali linkovi

http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_positioning_system

http://www.ndparking.com/galileo-industries.net

http://www.esa.int/esaNA/GGGYC650NDC_index_2.html

http://www.esa.int/esaNA/SEM9GD2QGFF_index_2.html

http://www.physorg.com/news98972595.html

http://www.sciencedaily.com/releases/2007/05/070510123716.htm

http://www.esa.int/esaNA/SEM86CSMD6E_galileo_2.html

http://www.esa.int/esaNA/ESAAZZ6708D_galileo_2.html

http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_galileo_2.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Gps

http://www.gps.gov/

Fotografije : ESA

www.esa.int